Semana 01 – 07 a 11 de Março de 2022

CANAL O CALCULISTA

CANAL O CALCULISTA

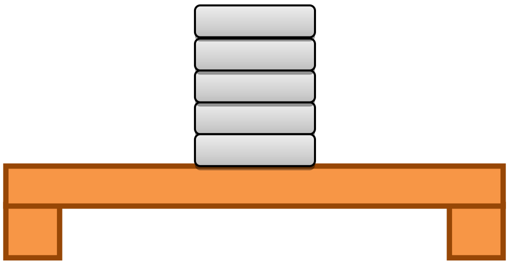
Bons Estudos!!

Introdução

1. As Estruturas Isostática

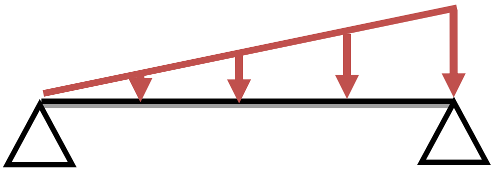
Os “desenhos” que são apresentados para nós na cadeira de Isostática são nada mais que Modelos Matemáticos que representam estruturas reais. Através destes Modelos Matemáticos é que somos capazes de determinar os esforços envolvidos nas estruturas.

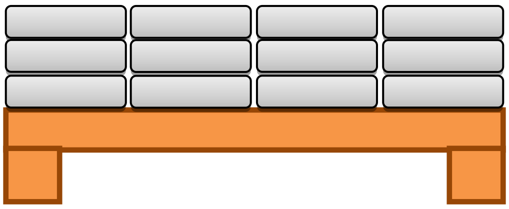
Vejamos os exemplos a seguir, relacionando a Estrutura real com o Modelo Matemático que a representa, (Desconsidere o peso próprio da viga):



(a)

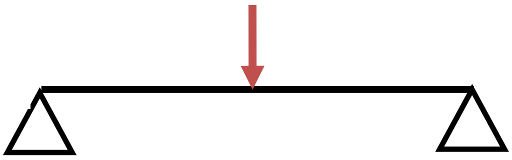
(1)

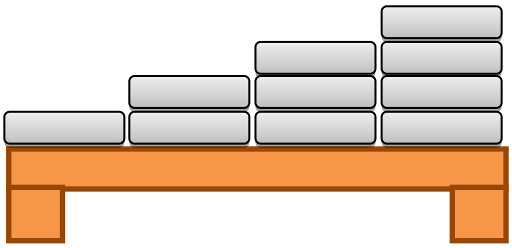




(b)

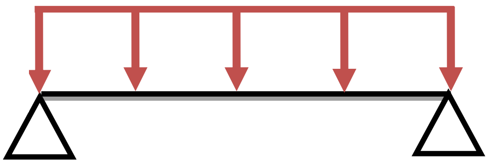
(2)





(c)

(3)



Gabarito: A-2; B-3 ; C-1

Os esforços que somos capazes de determinar através destes Modelos Matemáticos são: os esforços externos (Reações de Apoio), os Esforços Internos, elaborar os Diagramas de Esforços Cortantes, dos Esforços Normais, de Momento Fletor, e através deles dimensionar a nossa estrutura.

Existem três tipos de estruturas, as HIPOSTÁTICAS, ISOSTÁTICAS E HIPERESTÁTICAS, para aprendermos a classificá-las vamos conhecer os Apoios e suas Reações.

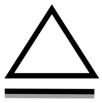
1.1 - Apoios

Os apoios têm a função de restringir os graus de liberdade das estruturas através de suas reações de apoio. Nas estruturas planas, existem três graus de liberdade:

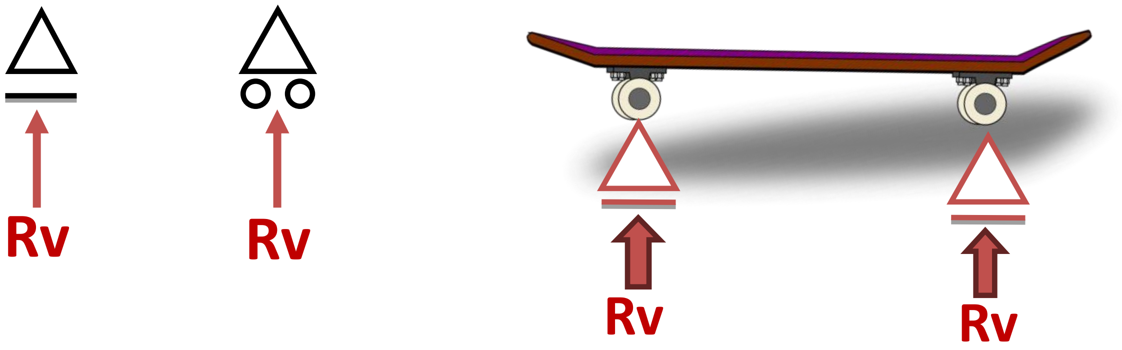
1° - Translação no eixo X;

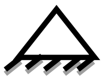
2° - Translação no eixo Y;

3° - Rotação.

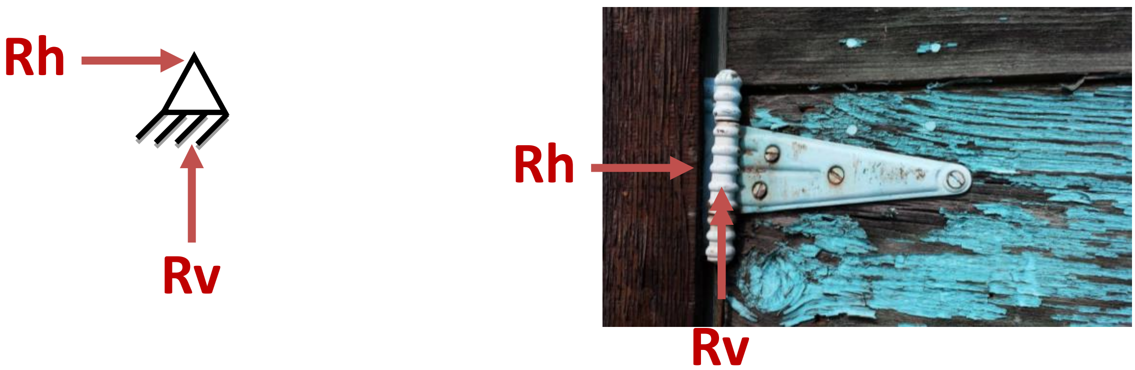
1.1.1 – Apoio simples de 1° gênero. 

Os apoios do 1° gênero são aqueles que restringem os esforços em apenas **uma** direção, ou seja, em um só eixo (eixo X ou Y). Permite a translação no outro eixo e a rotação. Tendo assim, apenas **uma reação de apoio**. Um exemplo para entendermos melhor é um Skate.



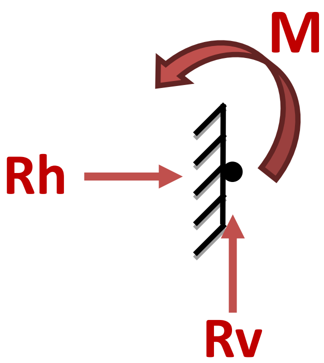
1.1.2 – Apoio de 2° gênero. 

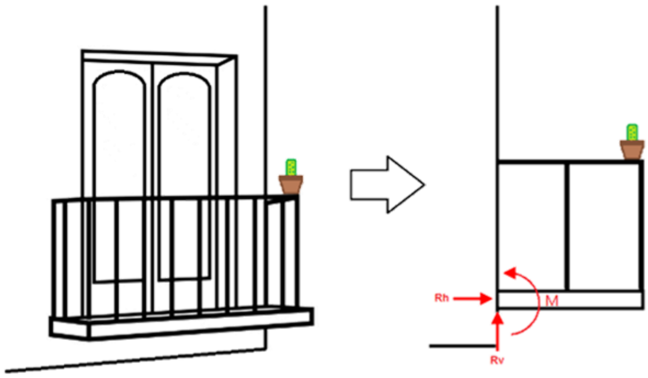
Os apoios do 2° gênero são aqueles que restringem os esforços em **duas** direções, ou seja, em dois eixos (eixo X ou Y). Não permite a translação, porém permite a rotação. Tendo assim, **duas reações de apoio**. Um exemplo para entendermos melhor são as dobradiças das portas.

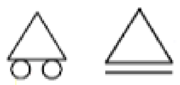
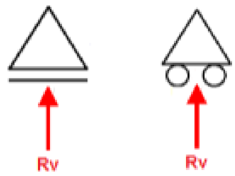
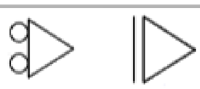


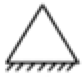
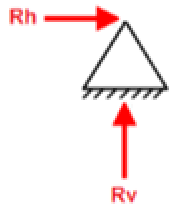
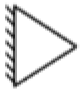
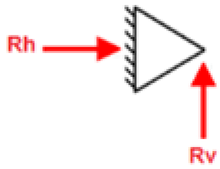
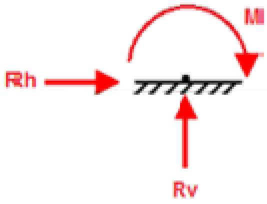
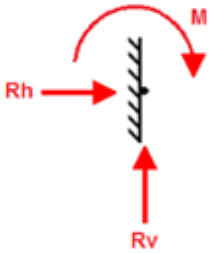
1.1.3 – Apoio de 3° gênero. 

Os apoios de 3° gênero também conhecidos como engastes, são aqueles que restringem os esforços em duas direções, ou seja, nos dois eixos (eixo X e Y) e não permitem rotação. Tendo assim, três reações de apoio. Um exemplo para entendermos melhor são as varandas de um prédio.





Apoio	Símbolos	Reações de apoio
Apoio simples de 1° gênero vertical		
Apoio simples de 1° gênero horizontal		

Apoio	Símbolos	Reações de apoio
Apoio de 2° gênero vertical		
Apoio de 2° gênero horizontal		
Apoio de 3° gênero vertical (engaste)		
Apoio de 3° gênero horizontal (engaste)		

1.2 – Classificação da Estrutura

Agora que já conhecemos os apoios e suas respectivas reações, vamos aprender a classificar as estruturas. Como dito anteriormente, existem três tipos de classificação da estabilidade da estrutura: Hipostática, Isostática e Hiperestática, para determinarmos precisamos verificar 4 fatores:

- Condições de Equilíbrio;
- Graus de Liberdade;
- Apoio;
- Estabilidade e estaticidade.

Para uma estrutura ser classificada com **HIPOSTÁTICA**, o número de reações de apoio deverá ser **MENOR** que o número das Equações da Estática (Três equações), ou quando os apoios são insuficientes para garantir sua estabilidade. Veremos exemplos a seguir.

Para que uma estrutura seja classificada como **ISOSTÁTICA** é preciso que o número de restrições (Reações de Apoio) seja rigorosamente **IGUAL** ao número de equações da estática no plano que são **três**:

$\sum Fx = 0$ Somatório das forças na direção horizontal igual a zero.

$\sum Fy = 0$ Somatório das forças na direção vertical igual a zero

$\sum Mo = 0$ Somatório dos momentos no Ponto O igual a zero.

Outro fator é que a estrutura tenha restrição tanto de TRANSLAÇÃO NO EIXO X, TRANSLAÇÃO NO EIXO Y E ROTAÇÃO.

Para que uma estrutura seja classificada com **HIPERESTÁTICA** é preciso que o número de restrições (Reações de Apoio) seja **MAIOR** que o número de Equações da Estática.

Em resumo:

- N° de Reações de Apoio < N° de Equações da Estática = HIPOSTÁTICA;
- N° de Reações de Apoio = N° de Equações da Estática = ISOSTÁTICA;
- N° de Reações de Apoio > N° de Equações da Estática = HIPERESTÁTICA;

Usaremos seguinte equação para a classificação da estrutura:

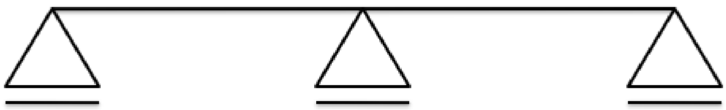
Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Vamos para os exemplos:

Exemplo 1:

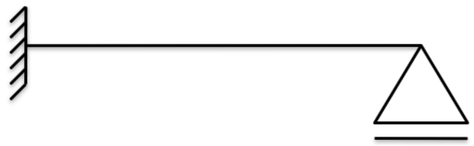
Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 2:



Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 3:



Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

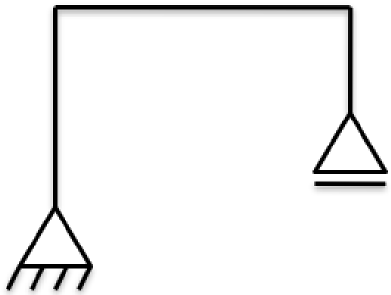
Exemplo 4:

Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 5:

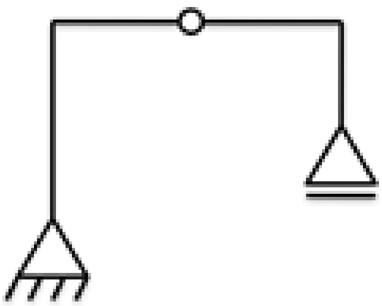
Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

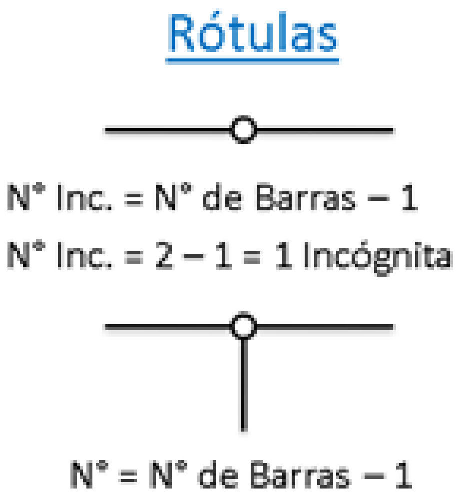
Exemplo 6:



Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

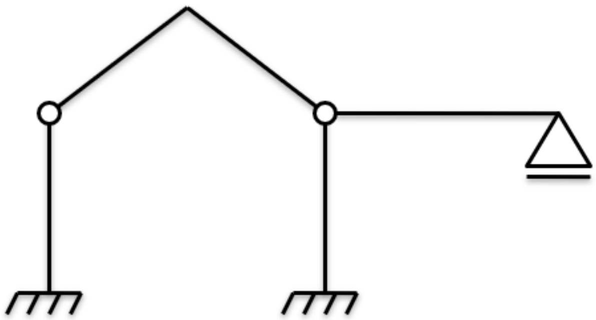
Exemplo 7:





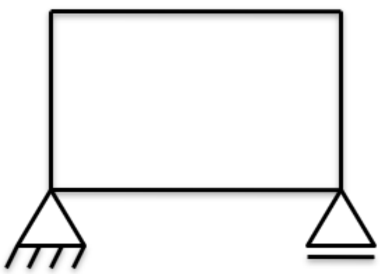
Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 8:



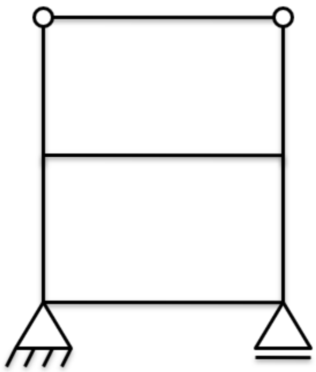
Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 9:



Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

Exemplo 10:



Gh = N° de Incógnitas – (N° de Eq. do Plano + N° Inc. das Rótulas)

1.3– CARGAS

Na análise estrutural as cargas têm as seguintes classificações de acordo com a sua forma de atuação:

- Cargas permanentes;
- Cargas acidentais;
- Cargas móveis.

As cargas permanentes têm posição de atuação fixa sobre a estrutura e mantém-se durante toda a sua vida útil, como por exemplo, o peso próprio.

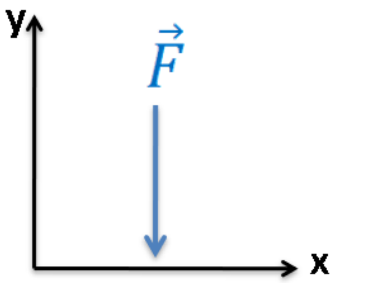
As cargas acidentais atuam sobre uma posição fixa na estrutura, porém sua atuação é intermitente, ou seja, variam de acordo com a situação como, por exemplo, a carga de vento, a carga de ocupação de um edifício, entre outras.

As cargas móveis são aquelas que não possuem posição fixa e sua atuação é intermitente, como um veículo passando sobre uma ponte.

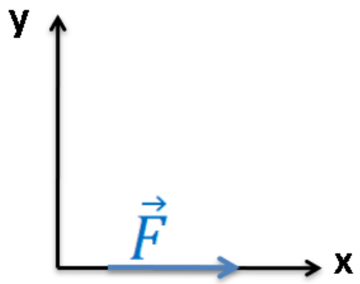
Essas cargas podem ser representadas como **CARGAS PONTUAIS** ou **CARGAS DISTRIBUÍDAS.**

1.3.1 – Cargas Pontuais

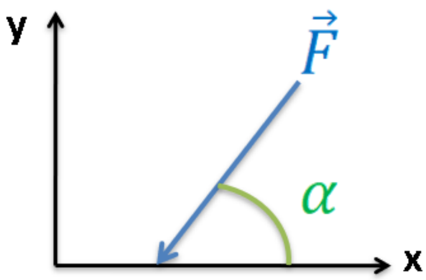
As cargas pontuais representam a força exercida por um elemento em um único ponto, onde é representada por uma seta, indicando sua direção e sentido, podendo ser perpendicular, paralela ou inclinada ao eixo.



Carga Perpendicular ao eixo x

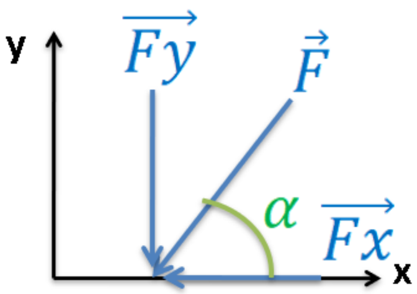


Carga Paralela ao eixo x



Carga Inclinada

Uma carga pontual inclinada é a resultante de uma carga horizontal com uma carga vertical, para determiná-las precisamos fazer a decomposição de forças:



$$\cos\alpha = \frac{Fx}{F} \qquad \operatorname{sen}\alpha = \frac{Fy}{F}$$

$$\boldsymbol{Fx = F\ x\cos\alpha} \qquad \boldsymbol{Fy = F\ x\,\operatorname{sen}\alpha}$$

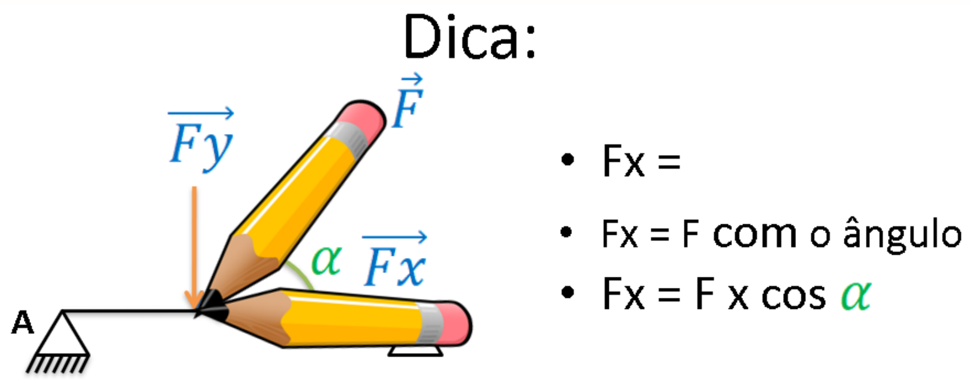
Neste exemplo as forças Fx e Fy seriam:

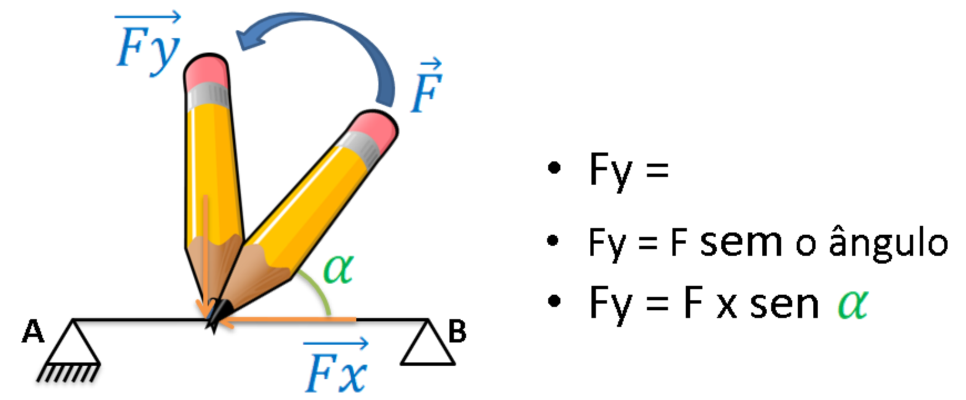
$$\cos \propto = \frac{Fx}{F} \rightarrow Fx = F \,.\, cos \propto$$

$$\text{sen} \propto = \frac{Fy}{F} \rightarrow Fy = F \,.sen \propto$$

Porém há um jeito bem mais simples de encontramos os valores:

Veja na videoaula a explicação:



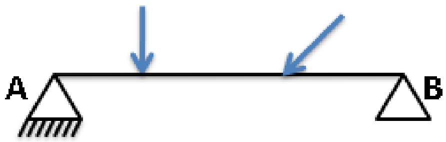


Agora pratique!!!

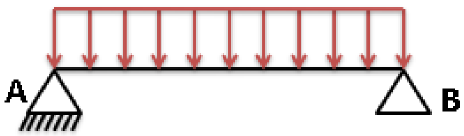
1.3.2 - Cargas distribuídas

As cargas distribuídas representam a força exercida por um elemento em uma determinada distância. São apresentadas por uma unidade de força/distância. As cargas distribuídas representam cargas como o peso próprio, carga de vento, carga de empuxo, carga de revestimento, entre outras.

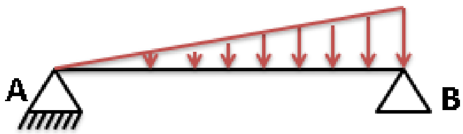
As representações mais comuns são cargas distribuídas retangulares, triangulares e trapezoidais.



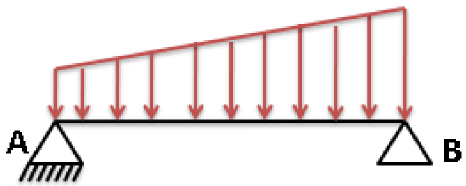
Cargas Pontuais



Cargas Uniformemente Distribuídas



Cargas Distribuídas Triangulares

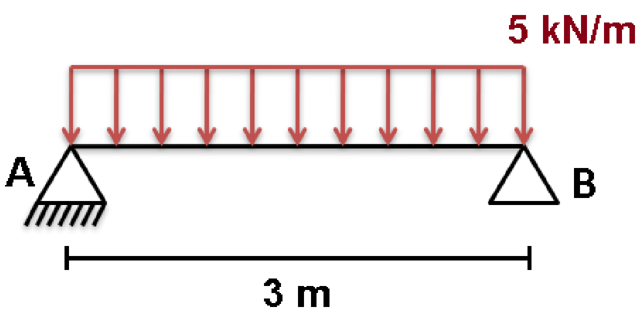


Cargas Distribuídas Trapezoidais

Vamos agora aprender a transformar cargas distribuídas em cargas concentradas.

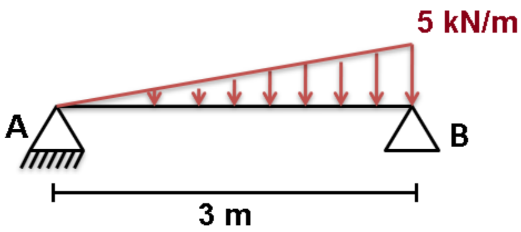
1.3.2.1 – Cargas Distribuídas Retangulares

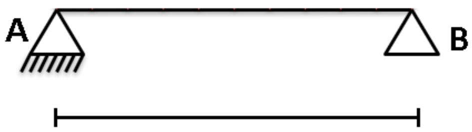
Para transformar a carga distribuída retangular em carga concentrada é bem simples. Basta multiplicar seu valor pelo comprimento em que ela atua. O posicionamento da carga pontual será na metade do seu comprimento. Ex.:



1.3.2.2 – Cargas Distribuídas Triangulares

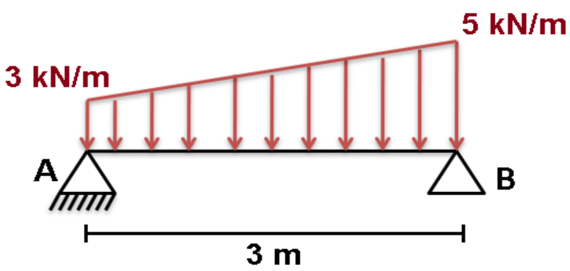
Para transformar a carga distribuída triangular em carga concentrada devemos calcular a área do triangulo formado, e posicioná-la a 1/3 de distância do ângulo de 90°. Ex.:

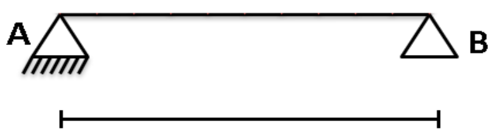


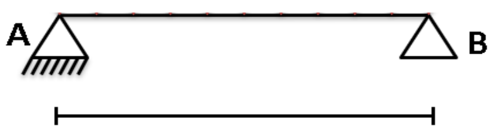


1.3.2.3 – Cargas Distribuídas Trapezoidais

As cargas trapezoidais são a soma de uma carga retangular com uma carga triangular e terá assim duas cargas concentradas. O primeiro passo é dividir a área retangular e a área triangular. Depois encontrar a carga concentrada de cada uma, respeitando suas respectivas regras de posicionamento. Ex.:







1.3.3 - Momento

A tendência de rotação que a força F produz na barra, em relação a um ponto, é chamada de momento (M). A intensidade dessa rotação é dada por:

$$M = F\ x\ d$$

Para forças que não sejam perpendiculares ao eixo, é necessário fazer a decomposição das forças e encontrar seus componentes conforme aprenderemos no início desta aula.

O Momento de uma força é uma grandeza vetorial: possui módulo, direção e sentido. Sendo assim, durante os exercícios adotaremos sentidos positivos e negativos para ele.

1.4 Cálculo de Reação de Apoio (Esforços Externos): (Aula 04)

Como já vimos, as reações de apoio são reações exercidas pelos apoios para combater os esforços solicitantes. Para determiná-las precisamos das 3 equações da estática:

$\sum Fx = 0$ → Somatório das forças na direção horizontal igual a zero.

$\sum Fy = 0$ → Somatório das formas na direção vertical igual a zero

$\sum Mo = 0$ → Somatório dos momentos em O igual a zero.

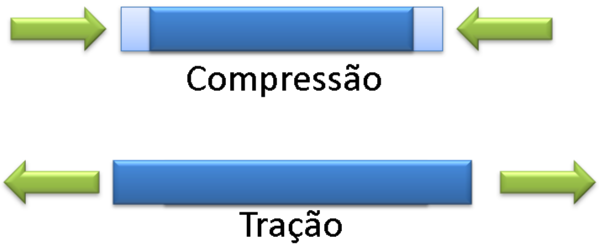
Outra coisa importante é determinação dos sentidos positivos para os esforços verticais, horizontais e momento.

No cálculo dos **Esforços Externos** você poderá defini-los desde que o use durante todo o exercício. Já no cálculo dos **Esforços Internos**, você deverá usar a convenção já existente.

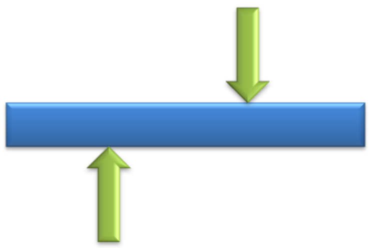
1.5 Cálculo dos Esforços Internos

Os esforços internos de uma seção transversal plana de um elemento estrutural são definidos como um conjunto de forças e momentos estaticamente equivalentes à distribuição de tensões internas sobre a área dessa seção. São eles:

- **N** – Esforço ou força normal (esforço interno axial ou longitudinal) - O esforço de normal representa o efeito de tração ou compressão de uma seção transversal de uma barra.



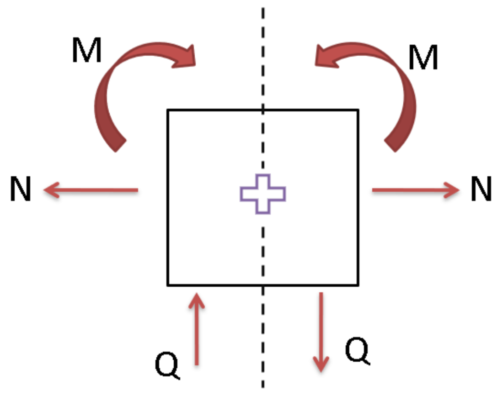
- **Q** – Esforço ou força cortante (esforço interno transversal) - O esforço cortante será a resultante das forças que atuam no trecho isolado até o ponto em análise no sentido ortogonal à barra. Esse esforço representa o efeito de cisalhamento em uma seção transversal da barra.



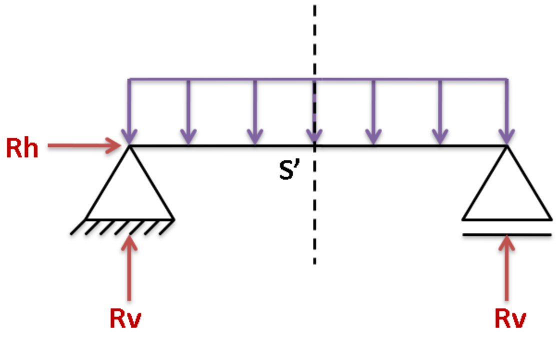
- **M** – Momento Fletor (esforço interno de flexão) - O momento fletor é a resultante Momento de todas as forças e momentos da estrutura isolada até o ponto em análise. Representa o efeito de flexão, em uma seção transversal da barra.

1.5.1 – Determinação dos Esforços Internos

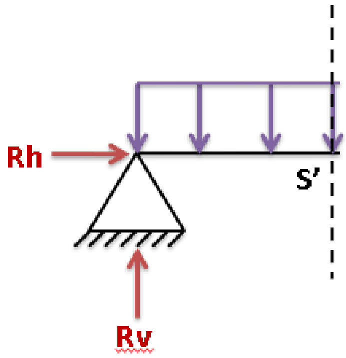
Para a determinação dos esforços internos de uma seção devemos conhecer a convenção dos sinais positivos:



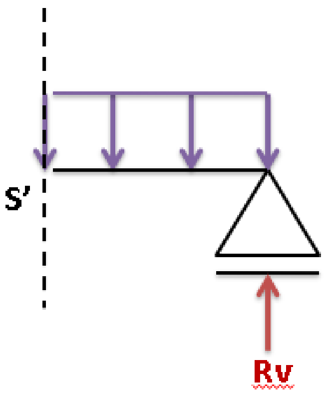
Para utilizá-la você deverá fazer uma seção na estrutura e ocultar um dos lados, o lado retirado deverá ser substituído pelo lado da convenção correspondente. Exemplo:



Ao isolarmos o lado ESQUERDO e apagarmos o lado DIREITO, devemos substituir pela convenção do lado DIREITO.



Ao isolarmos o lado DIREITO e apagarmos o lado ESQUERDO, devemos substituir pela convenção do lado ESQUERDO.

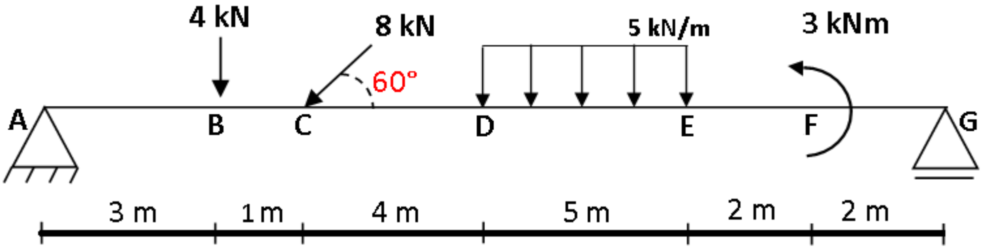


1.5.2 Elaboração dos Diagramas de Esforço Normal, Cortante e Momento Fletor

Após a determinação dos esforços internos dos pontos relevantes é possível a elaboração dos diagramas, os quais serão utilizados na análise e dimensionamento das estruturas. Através dos exercícios dos próximos capítulos vamos aprender a determinados cada esforço interno relevante e a elaborar todos os Diagramas de Esforços Normais, Esforços Cortantes e Diagrama de Momento Fletor.

Exercícios:

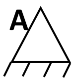
1)



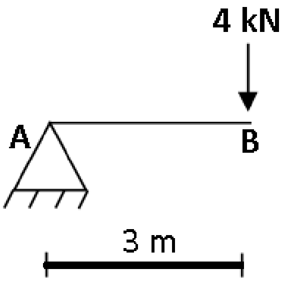
1° Passo – Cálculo dos Esforços Externos

2° Passo – Cálculo dos Esforços Internos

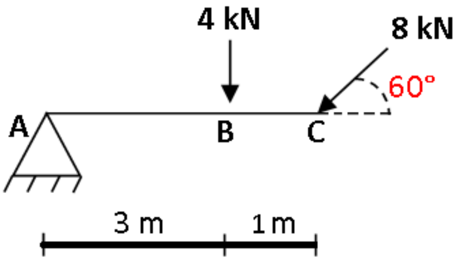
Ponto A



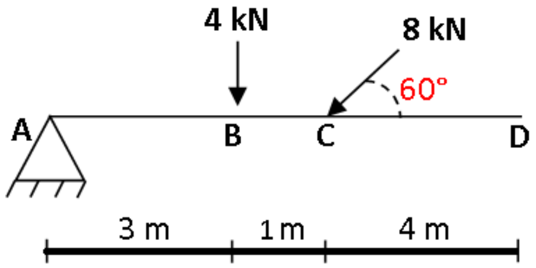
Ponto B



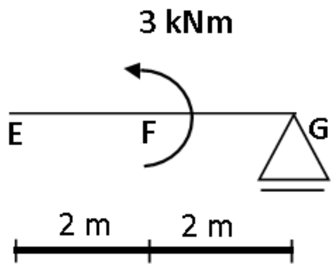
Ponto C



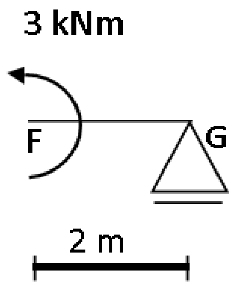
Ponto D



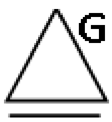
Ponto E



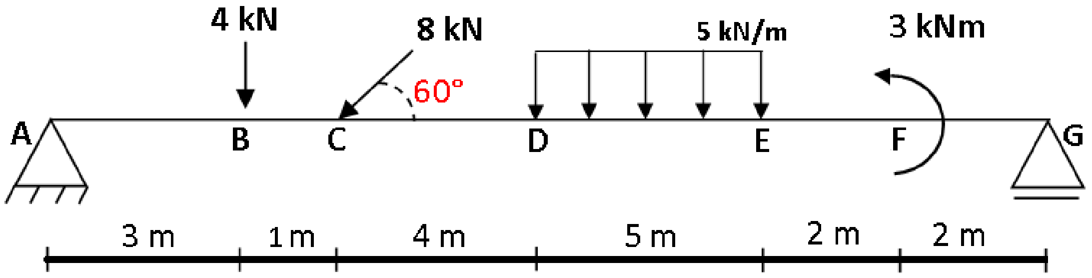
Ponto F

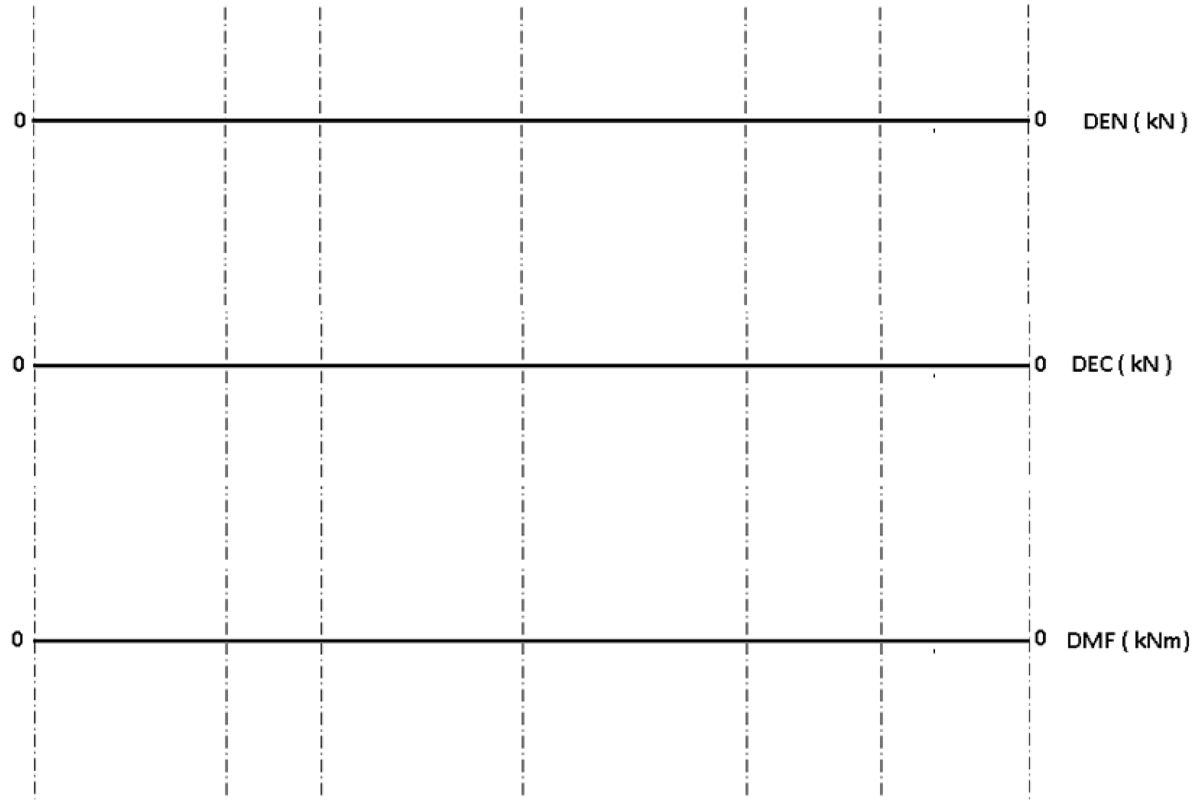


Ponto G

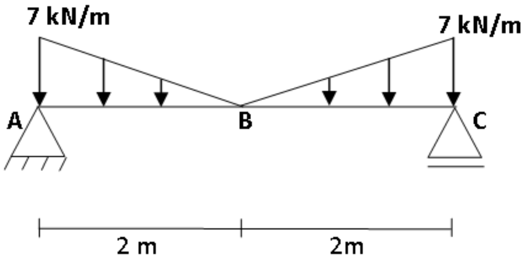


3° Passo - Elaboração dos Diagramas





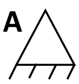
2)



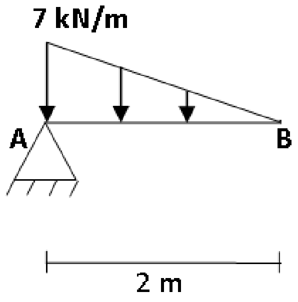
1° Passo – Cálculo dos Esforços Externos

2° Passo – Cálculo dos Esforços Internos

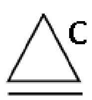
Ponto A



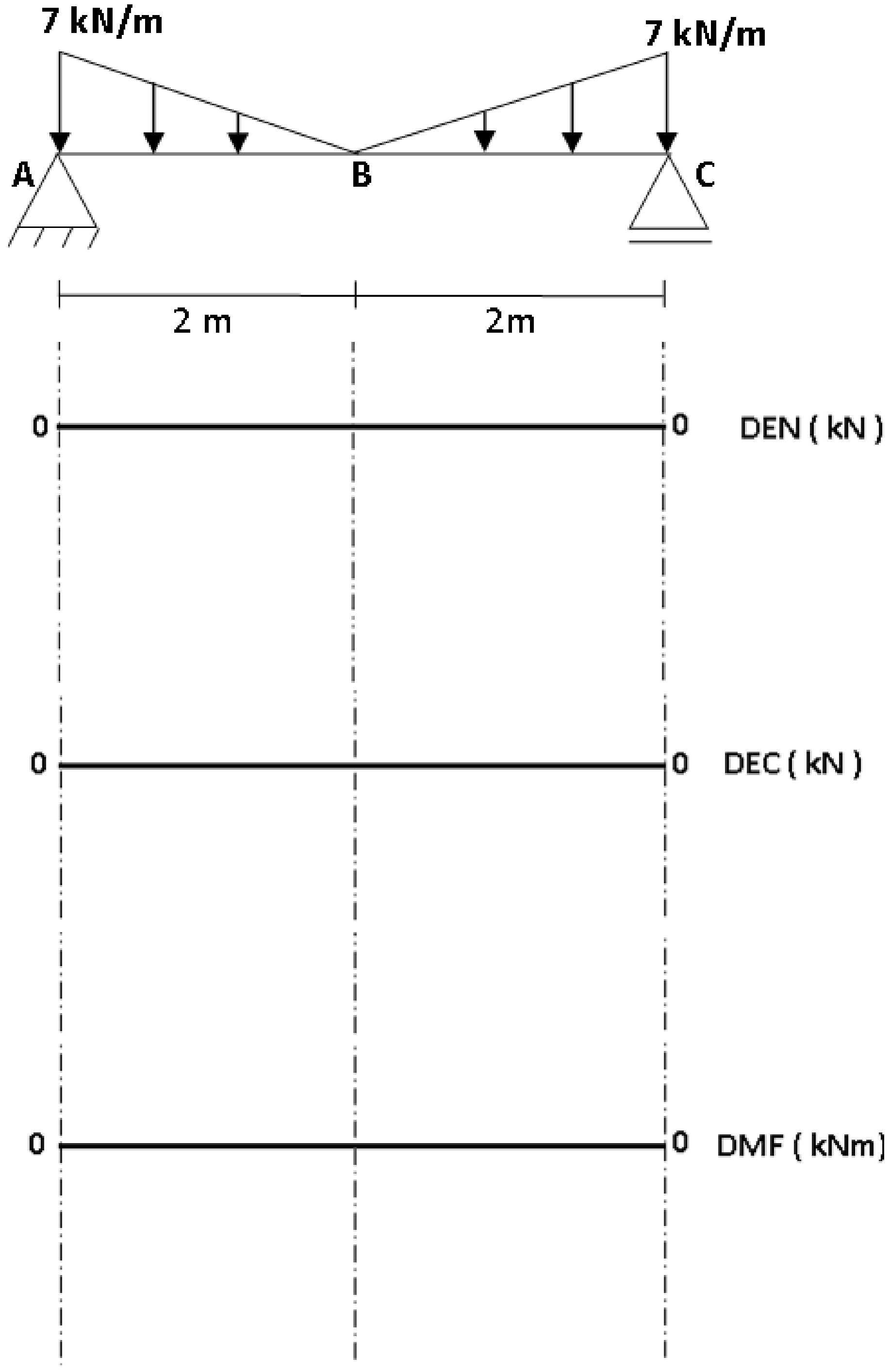
<u>Ponto B</u>



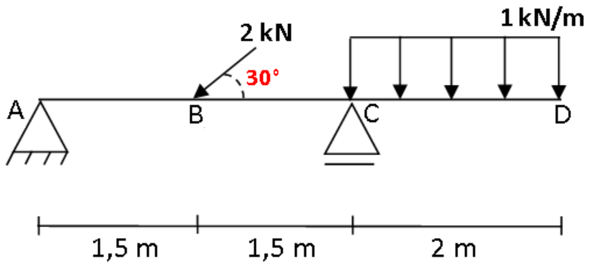
<u>Ponto C</u>



3° Passo - Elaboração dos Diagramas



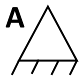
3)



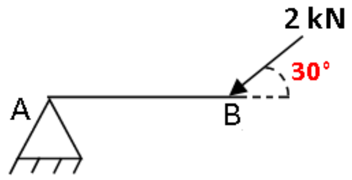
1° Passo – Cálculo dos Esforços Externos

2° Passo – Cálculo dos Esforços Internos

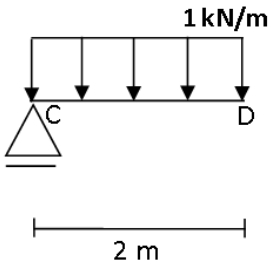
Ponto A



Ponto B

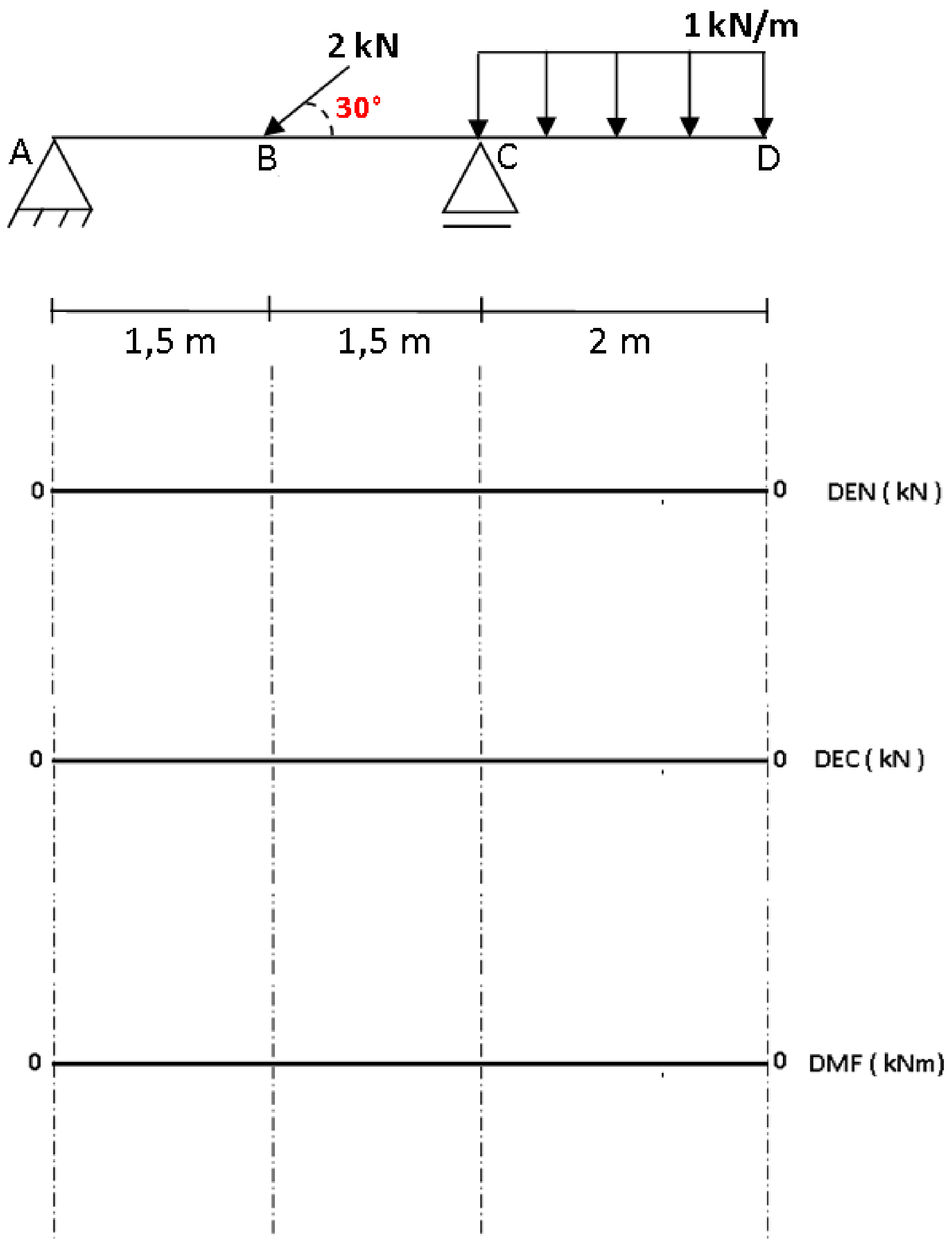


Ponto C

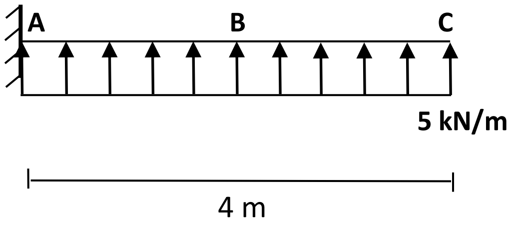


Ponto D

3° Passo - Elaboração dos Diagramas



4)

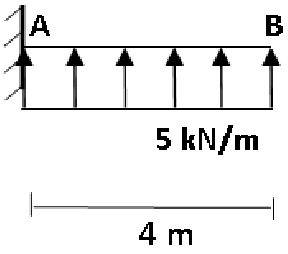


1° Passo – Cálculo dos Esforços Externos

2° Passo – Cálculo dos Esforços Internos

Ponto A

Ponto B



Ponto C

C

3° Passo - Elaboração dos Diagramas